

## 中国橡胶林下植物物种组成与多样性分析

陈 莉<sup>1,2,3</sup>, 黄先寒<sup>4</sup>, 兰国玉<sup>2,3\*</sup>, 谭正洪<sup>1</sup>, 杨 川<sup>2,3</sup>, 吴志祥<sup>2,3</sup>

(1. 海南大学 热带农林学院, 海南 海口 570228; 2. 中国热带农业科学院 橡胶研究所, 海南 儋州 571737;

3. 农业部儋州热带作物科学观测实验站, 海南 儋州 571737;

4. 中国科学院 昆明植物研究所 东亚植物多样性与生物地理重点实验室, 云南 昆明 650201)

**摘 要:** 为了解中国植胶区林下植物的物种组成和多样性等基本特征。调查了云南、广东和海南的 120 个 100 m<sup>2</sup> 橡胶林样方的植物, 并进行数据分析。应用物种丰富度指数(*S*)、重要值(*IV*)、Simpson 指数(*D*)、Shannon-Wiener 指数(*H*)和 Sorensen 系数(*C<sub>s</sub>*)等方法, 分析了橡胶林下植物物种组成以及物种多样性。结果表明: 1) 中国植胶区林下植物共有 144 科 539 属 916 种, 其中有禾本科 (Gramineae)、大戟科 (Euphorbiaceae)、菊科 (Compositae)、蝶形花科 (Fabaceae)、茜草科 (Rubiaceae)、马鞭草科 (Verbenaceae)、桑科 (Moraceae) 和 莎草科 (Cyperaceae) 8 个优势科。2) 林分相似性系数最高的是云南省和广东省、海南和广东省, 达 0.185, 而云南省和海南省相似性系数最低, 为 0.158。3) 海南橡胶林林下植物物种丰富度最高, 广东省最低; 云南橡胶林林下植物 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数最高, 广东省最低。橡胶林与桉树林相比, 橡胶林纯林的物种多样性在丰富度指数、Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数上高于桉树林纯林的多样性。

**关键词:** 橡胶林; 林下; 物种组成; 物种多样性

中图分类号: S794.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-7461(2019)02-0076-08

### Undergrowth Plant Species Composition and Diversity of Rubber Plantations in China

CHEN Li<sup>1,2,3</sup>, HUANG Xian-han<sup>4</sup>, LAN Guo-yu<sup>2,3\*</sup>, TAN Zheng-hong<sup>1</sup>, YANG Chuan<sup>2,3</sup>, WU Zhi-xiang<sup>2,3</sup>

(1. Institute of Tropical Agricultural and Forestry, Hainan University, Haikou 570228, Hainan, China;

2. Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou 571737, Hainan, China;

3. Danzhou Investigation & Experiment Station of Tropical Crops, Ministry of Agriculture, Danzhou 571737, Hainan, China;

4. Key Laboratory for Plant Diversity and Biogeography of East Asia, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, Yunnan, China)

**Abstract:** The objective of this paper was to analyze the composition of species and diversity of rubber plantations in China. Plants of 120 plots with an area of 100 m<sup>2</sup> each were sampled and analyzed in the plantations occurring in Yunnan, Guangdong, and Hainan provinces. The understory species composition and diversity of rubber plantations were analyzed by using the species richness (*S*), importance value (*IV*), Simpson index (*D*), Shannon-Wiener index (*H*) and Sorensen coefficient (*C<sub>s</sub>*). The results showed that: 1) there were 916 species, belonging to 539 genera and 144 families in rubber plantations in China. There existed eleven dominant families, i. e. Gramineae, Euphorbiaceae, Compositae, Fabaceae, Rubiaceae, Verbenaceae, Moraceae, Cyperaceae. 2) The coefficient of similarity between Yunnan and Guangdong, and Hainan and Guangdong was the highest (0.185), however, it was the lowest (0.158) between Yunnan and Hainan. 3) The species richness values of rubber plantations were the highest in Hainan, and the lowest in Guang-

收稿日期: 2018-05-21 修回日期: 2018-08-26

基金项目: 外交部澜沧江-湄公河国际合作项目(081720203994192003); 国家自然科学基金(31770661)。

作者简介: 陈 莉, 女, 在读硕士, 研究方向: 生物多样性。E-mail: cli1528@163.com

\* 通信作者: 兰国玉, 男, 研究员, 研究方向: 生物多样性。E-mail: langyurri@163.com

dong. The Simpson index and Shannon-Wiener index values of rubber plantations were the highest in Yunnan, and the lowest in Guangdong. Compared to pure eucalyptus plantation, pure rubber plantation exhibited higher richness index, Simpson index and Shannon-Wiener index.

**Key words:** rubber plantation; undergrowth; species composition; species diversity

中国的橡胶树种植地主要在云南省的滇南和滇西南地区,广东省的粤西地区,以及海南省。橡胶林是可持续发展的人工生态系统<sup>[1]</sup>,是在旱地上建立最好的生态系统之一<sup>[2]</sup>。据统计,1949年时中国橡胶树种植面积仅为 $0.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ <sup>[3]</sup>;截止到2010年底为 $102.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$ <sup>[4]</sup>;到2013年末全国橡胶树种植面积达到 $114 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,其中云南省植胶区橡胶树种植面积为 $55.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ <sup>[5]</sup>,广东省橡胶树种植面积达 $4.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$ <sup>[6]</sup>,海南省橡胶树种植面积为 $54.02 \times 10^4 \text{ hm}^2$ <sup>[7]</sup>;而到目前,我国橡胶树种植面积已经超过 $120 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。我国的橡胶树种植面积是世界第5位,而云南和海南省的种植面积约占全国种植面积的91.3%<sup>[8]</sup>。

通过分析中国橡胶林下群落植物科、属和种的组成以及区系分析,为中国橡胶产业的发展提供良好的理论基础,促进天然橡胶产业的持续发展,如果对这些植物资源合理利用和开发,会为橡胶产业寻找新的生机。为橡胶林下资源的开发、利用和保护奠定基础,同时也有利于收集典型具有较高价值的植物资源的鉴定、分析和评价。橡胶林下植物组成、区系分析、生物多样性及其特征,为橡胶林物种多样性恢复机制提供依据。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

中国种植橡胶树气候适宜性指数高值区主要分布在云南省景洪市、勐腊县,广东省雷州半岛,海南省儋州、乐东市<sup>[9]</sup>。

云南省植胶区范围为 $21^\circ-25^\circ\text{N}$ , $97^\circ-103^\circ\text{E}$ 。云南植胶区属于亚热带季风气候区,年温差小、日温差较大,年温差只有 $10\sim 12^\circ\text{C}$ ,而日温差可达 $12\sim 20^\circ\text{C}$ ,年平均气温为 $18\sim 23^\circ\text{C}$ 。年降水量多为 $1\ 200\sim 1\ 800 \text{ mm}$ ,但降水在空间上分配极不均匀,干湿季分明,5—10月为雨季,降水量为全年的85%,11月至次年4月为旱季,只占全年的15%。云南植胶区土壤主要为赤红壤。由于云南的北高南低地形,一定程度的阻挡了冬季来自西北内陆的寒流,为橡胶树的种植提供了好的自然条件,且受台风的影响较小。

广东省植胶区范围为 $20^\circ-22^\circ\text{N}$ , $110^\circ-111^\circ\text{E}$ 。广东地形为北高南低,地貌较复杂,山脉主要以东

北—西南走向。该地属于亚热带季风气候区,年平均气温为 $19\sim 24^\circ\text{C}$ ,平均日照时数为 $1\ 745.8 \text{ h}$ 。降水充沛,年均降水量为 $1\ 300\sim 2\ 500 \text{ mm}$ ,由于受地形的影响,降水量随地势的走向呈南多北少,迎风坡年降水量 $> 2\ 200 \text{ mm}$ ,背风坡年降水量 $< 1\ 400 \text{ mm}$ ;降水且空间分布不均匀,4—9月占全年的80%以上。该地位于沿海地带,受台风的影响较大,春季的低温和冬季的寒潮对橡胶的种植也有很大的影响。

海南省植胶区范围为 $18^\circ-19^\circ\text{N}$ , $109^\circ-110^\circ\text{E}$ 。海南省地势为中间高、四周低,从中间到沿海是由山地、丘陵、台地以及平原构成的环形层状地貌,阶梯结构明显,具有台地、阶梯多,平原少而分散的特征。北隔琼州海峡,南临南海,位于东亚季风区,受季风影响明显,属于热带季风气候。海南省年太阳辐射总量为 $4\ 600\sim 5\ 800 \text{ MJ/m}^2$ ,年平均气温为 $22.5\sim 25.6^\circ\text{C}$ 。年平均降雨量为 $923\sim 2\ 459 \text{ mm}$ ,降水充沛,雨热同期;但降水季节分配不均匀,旱季、雨季明显,5—10月为雨季,11月至次年4月为少雨季。海南省水平地带性不明显,地带性土壤为砖红壤。河流构成放射状从中部山区向四周流入海。该地位于较南端,冬季受寒潮的影响较小,但是受台风的影响较大。

### 1.2 调查方法

采用典型取样以及沿途记录的调查方法。在云南省的德宏州、红河州、西双版纳州、临沧市和普洱市等地共设置了56个 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 的橡胶林样方,取样总面积为 $5\ 600 \text{ m}^2$ ;广东省的阳江市、茂名市、高州市、化州市和雷州市等地共设置了30个 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 的橡胶林样方,取样总面积为 $3\ 000 \text{ m}^2$ ;海南省的琼海市、海口市、乐东县、儋州市、三亚市、屯昌县、昌江县和琼中县等地共设置了34个 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 的橡胶林样方,取样总面积为 $3\ 400 \text{ m}^2$ ;各样方详细情况信息见图1和表1。其中记录了样方的经纬度、海拔、坡向和坡度,以及针对橡胶林中藤本、草本、灌木和乔木等植物调查了其高度、盖度和物种名。

本调查依据云南、广东、海南3省植胶区,随机选取调查样方,进行橡胶林林下植物调查。与此同时,还抽取附近有桉树的橡胶林段,设置桉树林与橡胶林样方进行比较。橡胶林调查的物种为自然生

长,无人工间作的物种。

在样方调查时需现场鉴定植物,并对植物进行拍照保存。调查过程中有疑问或不认识的植物,采

集标本带回,进一步鉴定。物种命名参考了《中国植物志》<sup>[10]</sup>、《云南植物志》<sup>[11]</sup>、《广东植物志》<sup>[12]</sup>、《海南植物志》<sup>[13]</sup>、《中国高等植物图鉴》<sup>[14]</sup>等。

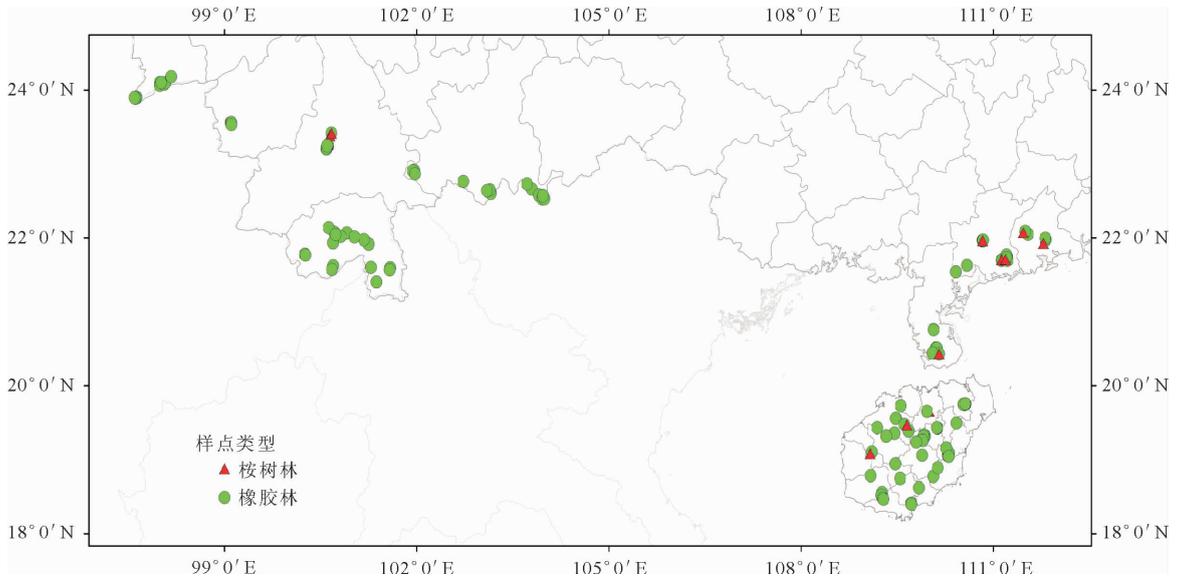


图 1 中国植胶区样方位置示意图

Fig. 1 Distribution location of rubber plantation plots sampled in China

表 1 中国植胶区样方的情况

Table 1 General situation of sample plots in rubber plantations in China

序号	地点	海拔 /m	样方大小 /m <sup>2</sup>	样方数 /个	面积 /m <sup>2</sup>
1	德宏州	731~901	100	9	900
2	红河州	75~760	100	15	1 500
3	临沧市	455~521	100	8	800
4	普洱市	794~990	100	6	600
5	西双版纳州	540~866	100	18	1 800
6	阳江市	20~72	100	9	900
7	茂名市	46~85	100	9	900
8	高州市	69~94	100	4	400
9	化州市	51~57	100	2	200
10	雷州市	52~132	100	6	600
11	琼海市	22~84	100	8	800
12	海口市	70~75	100	4	400
13	乐东县	139~196	100	5	500
14	儋州市	113~172	100	7	700
15	三亚市	30	100	2	200
16	屯昌县	134~175	100	6	600
17	昌江县	139	100	1	100
18	琼中县	132	100	1	100
合计		20~990	100	120	12 000

### 1.3 研究方法

根据调查数据,计算物种丰富度指数( $S$ )、重要值( $IV$ )、Simpson 指数( $D$ )、Shannon-Wiener 指数( $H$ )和 Sorensen ( $C_s$ )等<sup>[15-16]</sup>,其公式如下:

1)物种丰富度指数( $S$ )

$S$  为样方中出现的物种总数。

2)重要值( $IV$ )

$IV = (\text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) / 3$

3)Simpson 指数( $D$ )

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2 \quad (1)$$

4)Shannon-Wiener 指数( $H$ )

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad (2)$$

式中, $i=1,2,\dots,S$ , $p_i = N_i/N$ , $N_i$  表示样地中第  $i$  种物种的重要值, $S$  为物种数目。

5)Sorensen 系数( $C_s$ )

$$C_s = \frac{2a}{b+c} \quad (3)$$

式中, $a$  为 2 个地区共有物种数, $b$  和  $c$  分别是 2 个地区各自拥有物种数。

采用 Excel 2010 对多样性指数数据进行制图,用 SPSS v21.0 对不同林龄、地区和立地条件的中国植胶区林下植物的多样性进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 中国植胶区林下植物物种组成及重要值

通过对中国植胶区林下植物进行全面调查和统计(表 2),中国植胶区林下植物总共有 144 科、539 属、916 种(蕨类植物有 64 种,被子植物有 849 种,裸子植物有 3 种)。其中云南省调查面积为 5 600 m<sup>2</sup>,橡胶林林下植物共有维管束植物 116 科、328 属、472 种(蕨类植物 48 种,被子植物 422 种,裸子

植物 2 种)。广东省调查面积为 3 000 m<sup>2</sup>, 共有维管束植物 77 科、198 属、274 种(蕨类植物 20 种, 被子植物 254 种, 无裸子植物)。海南省调查面积为 3 400 m<sup>2</sup>, 共有维管束植物 107 科、342 属、505 种(蕨类植物 27 种, 被子植物 477 种, 裸子植物 1 种)。云南、广东和海南蕨类植物数量占中国总种数的比例分别为 75.00%、31.25%、42.19%, 被子植物数量占中国总种数的比例分别为 49.71%、29.92%、56.18%, 裸子植物数量占中国总种数的比例分别为 66.67%、0、33.33%。云南、广东、海南的科数所占中国橡胶林下植物科数的比例分别为 80.56%、53.47%、74.31%, 云南、广东、海南的属数所占中国橡胶林下植物属数的比例分别为 60.85%、36.73%、63.45%, 云南、广东、海南的种数所占中国橡胶林下植物种数的比例分别为 51.53%、29.91%、55.13%。然而, 不同地区, 各类型的植物组成存在差异, 如广东植胶区蕨类植物 20 种远远少于云南植胶区 48 种。

由表 3 可知, 在植胶区林下植物中, 云南省最重要的植物是飞机草, 其重要值为 3.44%; 广东省最重要的植物是阔叶丰花草, 其重要值为 9.28%; 海南省最重要的植物是弓果黍, 其重要值为 4.82%。此外, 在云南植胶区林下的植物中, 植物重要值前 10 位的物种占总物种数的 19.63%, 广东植物重要值前 10 位的物种占总物种数的 32.3%, 海南植物重要值前 10 位的物种占总物种数的 23.48%, 以此证明每省前 10 种植物具有明显的优势。弓果黍占云南、广东和海南植物重要值前 10 位, 飞机草占云南、广东植物重要值前 10 位。

表 3 中国植胶区林下植物重要值前 10 名物种及其重要值

Table 3 Species and importance value of top 10 importance values of understory plants in rubber plantations of China

云南		广东		海南	
植物名称	重要值 / %	植物名称	重要值 / %	植物名称	重要值 / %
飞机草( <i>Eupatorium odoratum</i> )	3.44	阔叶丰花草( <i>Borreria latifolia</i> )	9.28	弓果黍 * ( <i>Cyrtococcum patens</i> )	4.82
弓果黍 * ( <i>Cyrtococcum patens</i> )	2.77	弓果黍 * ( <i>Cyrtococcum patens</i> )	4.69	羽脉山麻杆( <i>Alchornea rugosa</i> )	4.25
两耳草( <i>Paspalum conjugatum</i> )	2.29	铁芒萁( <i>Dicranopteris linearis</i> )	2.62	短叶黍( <i>Panicum brevifolium</i> )	3.91
地桃花( <i>Urena lobata</i> )	1.99	热带鳞盖蕨( <i>Microlepia speluncae</i> )	2.44	露籽草( <i>Ottochloa nodosa</i> )	2.18
酸模芒( <i>Centotheca lappacea</i> )	1.87	银柴( <i>Aporusa dioica</i> )	2.31	海南山麻杆( <i>Alchornea rugosa</i> var. <i>pubescens</i> )	1.67
毛桐( <i>Mallotus barbatus</i> )	1.71	假蒟( <i>Piper sarmentosum</i> )	2.26	竹节草( <i>Chrysopogon aciculatus</i> )	1.67
华南毛蕨( <i>Cyclosorus parasiticus</i> )	1.56	火炭母( <i>Polygonum chinense</i> )	2.25	杯苋( <i>Cyathula prostrata</i> )	1.48
葛( <i>Pueraria lobata</i> )	1.40	飞机草( <i>Eupatorium odoratum</i> )	2.17	新月蕨( <i>Pronephrium gymnopteridifrons</i> )	1.23
傅氏凤尾蕨( <i>Pteris fauriei</i> )	1.35	白背叶( <i>Mallotus apelta</i> )	2.14	白茅( <i>Imperata cylindrica</i> )	1.14
藿香蓟( <i>Ageratum conyzoides</i> )	1.25	大青( <i>Clerodendrum cytophyllum</i> )	2.14	假臭草 <i>Eupatorium catarium</i>	1.13
合计	19.63		32.30		23.48

注: “\*” 表示 3 地橡胶林都含有的种。

表 2 中国植胶区林下植物的组成

Table 2 Composition of vascular plants in rubber plantations in China

类型	中国	云南	广东	海南
科数	144	116(80.56)	77(53.47)	107(74.31)
属数	539	328(60.85)	198(36.73)	342(63.45)
种数				
蕨类植物	64	48(75.00)	20(31.25)	27(42.19)
被子植物	849	422(49.71)	254(29.92)	477(56.18)
裸子植物	3	2(66.67)	0(0)	1(33.33)
合计	916	472(51.53)	274(29.91)	505(55.13)

注: 括号内为百分比数值(%).

## 2.2 云南、广东、海南橡胶林植物科统计分析

由表 4 可知, 在单种科(仅 1 种)中, 中国植胶区林下植物有 50 科, 云南、广东、海南林下单种科分别有 49 科、30 科、35 科, 其中 3 省占中国单种科的比例分别为 98.00%、60.00%、70.00%。寡种科(2~10 种)中, 中国区林下植物有 68 科, 云南、广东、海南林下寡种科分别有 60 科、43 科、60 科, 而 3 省分别占中国寡种科的比例为 88.24%、63.24%、88.24%。中国橡胶林林下植物中等科(10~20 种)有 18 种, 云南、广东、海南林下中等科依次有 2 科、2 科、7 科, 分别占中国中等科的 11.11%、11.11%、38.89%。中国植胶区中优势科( $\geq 20$  种)有 8 科, 其中云南、广东、海南林下优势科分别有 5 科、2 科、5 科, 而占中国植胶区林下植物优势科的比例分别为 62.50%、25.00%、62.50%。

群落优势科的分析对群落特征的了解具有十分重要的意义。由表 5 可知, 中国植胶区林下植物优势科共有 8 科 167 属 310 种, 云南省林下植物优势科有 5 科 91 属 131 种, 广东省林下植物优势科有 2

表 4 中国植胶区林下植物科统计

Table 4 Statistics of undergrowth plants families in rubber plantations in China

科类型	科数			
	中国	云南	广东	海南
单种科(仅 1 种)	50	49(98.00)	30(60.00)	35(70.00)
寡种科(2~10 种)	68	60(88.24)	43(63.24)	60(88.24)
中等科(10~20 种)	18	2(11.11)	2(11.11)	7(38.89)
优势科( $\geq 20$ 种)	8	5(62.50)	2(25.00)	5(62.50)
合计	144	116(80.56)	77(53.47)	107(74.31)

注:括号内为百分比数值(%)。

科 31 属 49 种,海南省林下植物优势科有 5 科 97 属 147 种。中国植胶区林下植物优势科中共同存在的是大戟科和菊科,云南省优势科主要是蝶形花科,广东省优势科主要是大戟科,海南省优势科主要是禾本科。广东橡胶林群落同云南和海南橡胶林群落共

表 5 中国植胶区林下植物优势科

Table 5 The dominant families of undergrowth plant of rubber plantations in China

科名	中国		云南		广东		海南	
	属数	种数	属数	种数	属数	种数	属数	种数
大戟科(Euphorbiaceae)	23	53	16	25	13	25	19	37
禾本科(Poaceae)	39	53	20	23	...	...	30	38
菊科(Asteraceae)	32	48	22	27	18	24	21	26
蝶形花科(Papilionaceae)	28	47	18	30	...	...	15	23
茜草科(Rubiaceae)	20	43	15	26	...	...	12	23
马鞭草科(Verbenaceae)	9	23	...	...	...	...	...	...
桑科(Moraceae)	7	22	...	...	...	...	...	...
莎草科(Cyperaceae)	9	21	...	...	...	...	...	...
合计	167	310	91	131	31	49	97	147

注:“...”表示该地没有此种物种。

表 6 中国植胶区种子植物科分布区类型

Table 6 Family areal-types of seed plants in rubber plantations in China

分布区类型	科数	百分比/%
世界广布	43	29.86
泛热带分布	59	40.97
热带亚洲和热带美洲间断分布	7	4.86
旧世界热带分布	5	3.47
热带亚洲至热带大洋洲分布	4	2.78
热带亚洲至热带非洲分布	1	0.69
热带亚洲(印度-马来西亚)分布	2	1.39
北温带分布	3	2.08
东亚和北美洲间断分布	4	2.78
东亚分布	1	0.69
中国特有分布	2	1.39
合计	144	100.00

### 2.3 云南、广东、海南橡胶林相似性系数比较

由表 7 得知,云南、广东、海南橡胶林相似性系数变化较小,为 0.158~0.185,总体来说,3 个地区橡胶林相似性较高。云南橡胶林与海南橡胶林的相

同存在的优势科都是大戟科和菊科,云南橡胶林群落同海南橡胶林群落共同存在的优势科是大戟科、禾本科、菊科、蝶形花科和茜草科。

根据吴征镒先生的《世界种子植物科的分布区类型系统》及其修订<sup>[17-18]</sup>,分析了中国植胶区橡胶林 144 科的分布区类型(表 6)。其中,世界广布科有 43 个,占总科数的 29.86%;热带分布的科(含泛热带分布、热带亚洲和热带美洲间断分布、旧世界热带分布、热带亚洲至热带大洋洲分布、热带亚洲至热带非洲分布、热带亚洲分布)有 78 科,占总科数的 54.17%,反映出群落的热带性质;温带分布的科(含北温带分布、东亚和北美洲间断分布、东亚分布)有 8 科,占总科数的 5.56%;中国特有分布科有 2 科,占总科数的 1.39%。

似性系数达 0.158,而云南橡胶林与广东橡胶林以及海南橡胶林与广东橡胶林的相似性系数都为 0.185。云南橡胶林与广东橡胶林以及海南橡胶林与广东橡胶林的相似性系数稍高,可能受到橡胶树作为建群种的影响。云南橡胶林与海南橡胶林的相似性系数最低,可能是受到纬度的影响,使物种多样性产生差异。

表 7 3 地橡胶林相似性系数

Table 7 The coefficient of similarity in rubber forests of three regions

类型	云南橡胶林	广东橡胶林	海南橡胶林
云南橡胶林	1		
广东橡胶林	0.185	1	
海南橡胶林	0.158	0.185	1

### 2.4 云南、广东、海南橡胶林物种多样性

经过云南、广东、海南橡胶林林下植物多样性比较,丰富度指数变化为海南>云南>广东,Simpson 指数变化为云南>海南>广东,Shannon-Wiener 指数变化为云南>海南>广东。此 3 地橡胶林植物多

样性在 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数上均表现出了显著差异 ( $P < 0.05$ ),但在丰富度指数上差异不显著 ( $P > 0.05$ )。在丰富度指数中,变化幅度最大的是云南省的 17~47,变化幅度最小的是广东省的 19~42;在 Simpson 指数中,变化幅度最大的是云南省的 0.84~0.97,变化幅度最小的海南省的 0.88~0.96;在 Shannon-Wiener 指数中,变化幅度最大的是云南省的 2.42~3.70,变化幅度最小的是海南省的 2.76~3.49。

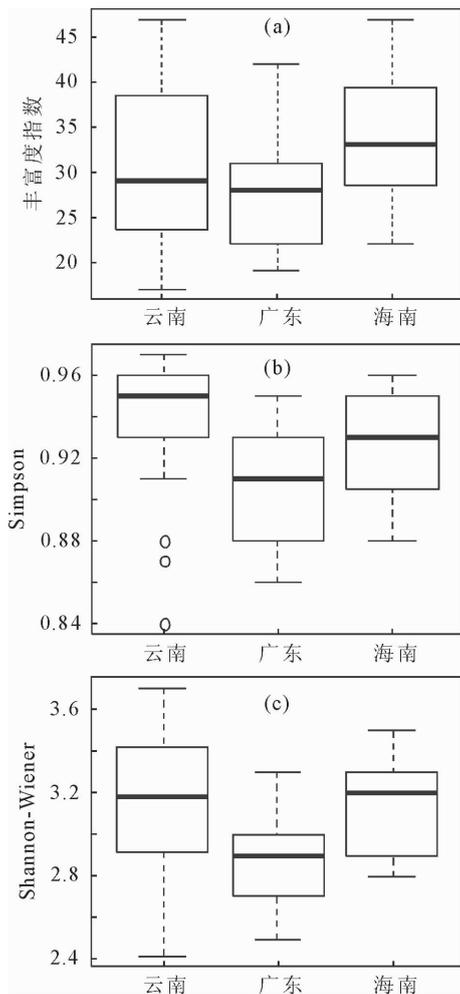


图 2 中国植胶区林下植物物种多样性

Fig. 2 Species diversity of understory plants in rubber plantation in China

### 2.5 中国植胶区林下植物与桉树林比较

经过云南、广东、海南三地橡胶树和桉树林下植物多样性的比较,丰富度指数、Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数变化都为橡胶树 > 桉树。在丰富度指数中,变化幅度最大的是橡胶树的 17~47,变化幅度最小的是桉树的 11~28;在 Simpson 指数中,变化幅度最大的是橡胶树的 0.84~0.97,变化幅度最小的桉树的 0.84~0.95;在 Shannon-Wiener 指数中,变化幅度最大的是橡胶树的 2.42~

3.70,变化幅度最小的桉树的 2.13~3.2。在 2 类人工林中,橡胶树和桉树植物多样性在丰富度指数、Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数差异显著 ( $P < 0.05$ )。

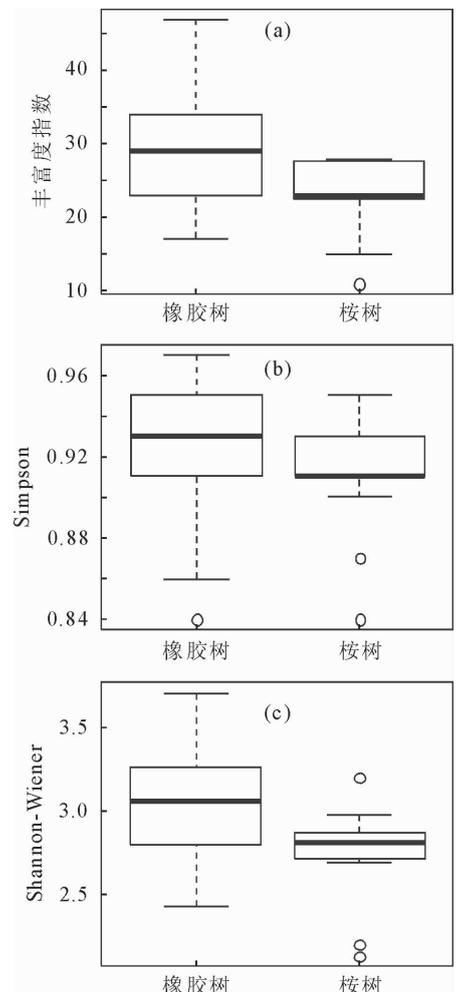


图 3 中国橡胶林和桉树林植物多样性的比较

Fig. 3 Comparison of plant diversity between rubber plantation and eucalyptus forest in China

### 3 讨论

中国植胶区橡胶林下植物有 144 科 539 属 916 种,优势科主要是大戟科、禾本科、菊科、蝶形花科、茜草科、马鞭草科、桑科和莎草科等 8 科 166 属 311 种,所占比重却达到 33.95%。而且群落内优势植物物种的分布格局与热带雨林相似,热带性质明显,其特点有一定的过渡性。世界橡胶林群落中的禾本科、茜草科和菊科等植物分布达 26.9%,与其他热带原始林相比有明显的差异。海南植胶区林下资源植物主要由禾本科、大戟科、菊科、茜草科和蝶形花科等组成,仅分为乔木层、灌木层和草本层。有研究表明<sup>[10]</sup>,海南的草本层远远高于热带雨林,以及橡胶林下植物盖度或多度也远大于热带雨林。广东和云南橡胶林相似性为 0.185,广东和海南橡胶林相

似性也为 0.185, 云南、广东和海南 3 地橡胶林群落植物组成具有一定的相似性, 也可反映出 3 地橡胶林群落植物在区系分布上有一定的亲缘关系。而海南与云南橡胶林相似性较低, 可能是因为海南属于岛屿, 离大陆较远, 且受台风的影响比较大。

中国植胶区林下植物重要值前 10 名物种中, 仅有弓果黍为 3 地都有的植物, 且重要值占云南省物种的 2.77%、广东省的 4.69%、海南省的 4.82%。而在在云南植胶区林下的植物中, 植物重要值前 10 位的物种占总物种数的 19.63%, 广东植物重要值前 10 位的物种占总物种数的 32.3%, 海南植物重要值前 10 位的物种占总物种数的 23.48%, 以此证明每个省前 10 种植物具有明显的优势。中国植胶区林下植物优势科共有 8 科 167 属 310 种, 分别是大戟科、禾本科、菊科、蝶形花科、茜草科、马鞭草科、桑科和莎草科。而云南省优势科有 5 科 91 属 131 种, 分别是大戟科、禾本科、菊科、蝶形花科和茜草科; 广东省优势科有 2 科 31 属 49 种, 分别是大戟科和菊科; 海南省优势科有 5 科 97 属 147 种, 分别是大戟科、禾本科、菊科、蝶形花科和茜草科。

云南、广东、海南橡胶林林下植物多样性比较, 物种丰富度指数最高的是海南, Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数最高的是云南, 而广东在这三者之间都是最小的。在物种丰富度指数中, 海南比云南高了 13.93%, 比广东高了 18.36%; 在 Simpson 指数中, 云南比广东高了 4.26%, 比海南高了 1.06%; 在 Shannon-Wiener 指数中, 云南比广东高了 8.28%, 比海南高了 0.64%。这样的变化规律, 在很大程度上受到当地的降水、气温、地形和土壤等自然条件的影响。此外, 中国植胶区橡胶林的物种多样性还可能受到人为的干扰。海南橡胶林的物种丰富度指数高于云南和广东, 云南和广东主要受亚热带季风气候的影响, 而海南主要受热带季风气候的影响, 这都可能成为影响因素。有研究表明<sup>[20]</sup>, 对植物物种的分布有极显著影响的是坡向、坡度、海拔和降水量 ( $P < 0.01$ )。海南植胶区橡胶林群落植物多样性稍高于云南植胶区, 广东植胶区橡胶林群落的多样性最低, 仅占 29.91%。在海南, 郁闭度和年平均降雨量是影响橡胶林群落多样性最为重要的两个因素; 而在云南, 海拔和年平均降雨量是最为重要的两个因素。Hu<sup>[21]</sup>等(2013)指出橡胶林群落植物物种多样性主要受环境因素中的土壤因素影响较大, 而不是空间因素。

橡胶林与桉树林相比, 橡胶林群落的多样性显著高于桉树林多样性, 橡胶纯林在物种丰富度指数、Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数上都高于桉

树林, 橡胶林物种丰富度指数比桉树林高了 27.15%, 橡胶林 Simpson 指数比桉树林高了 9%, 橡胶林 Shannon-Wiener 指数比桉树林高了 9.18%, 2 种不同人工林的多样性指数存在较大的差异。向仰州<sup>[22]</sup>等(2012)通过海南省橡胶林林下植物与桉树林林下植物物种多样性对比分析发现, 橡胶林林下植物物种多样性明显高于桉树林物种多样性, 黄先寒<sup>[23]</sup>等(2016)也通过研究不同栽培模式下橡胶林灌草物种多样性的研究表明, 橡胶林物种多样性高于桉树林物种多样性。桉树林的物种多样性明显低于橡胶林的多样性, 在很大的程度上是受到人为干扰; 还有可能受到桉树林自身的化感作用或者土壤理化性质等因素的共同作用。

一些学者也在橡胶林群落与其他人工林群落植物物种多样性方面展开了相应的探讨, 比如: H. L. Tata<sup>[24]</sup>等(2009)认为橡胶林群落与天然次生林在幼苗和幼龄阶段的植物物种多样性存在相似性, 随着林龄的增加, 橡胶林群落植物物种多样性将逐渐低于天然次生林; 邢慧<sup>[25]</sup>等(2012)也认为橡胶林群落的植物多样性会随着橡胶林林龄的增加而有所下降; 而周会平<sup>[26]</sup>等(2012)和 Liu<sup>[27]</sup>等(2006)研究结果表明随着橡胶林林龄的增加, 该橡胶林植物物种多样性会随之降低, 雨季植被多样性显著高于旱季。

## 4 结论

本研究反映了中国橡胶林林下植物物种组成和群落性质, 为后面探讨中国植物多样性以及橡胶林下植物的组成有很好的借鉴作用。中国橡胶林下植物物种多样性丰富, 可以加强近自然管理, 近自然管理后橡胶林群落物种多样性较高<sup>[28]</sup>; 植物群落丰富, 多为泛热带分布, 反映出群落的热带性质。近自然管理后乳胶产量略高于常规管理。研究结果表明在一定程度上表明近自然管理可作为提高橡胶林生物多样性有效途径。

## 参考文献:

- [1] 王锋. 中国天然橡胶业可持续发展探讨[J]. 华南热带农业大学学报, 2002, 8(3): 58-63.
- [2] 吴志祥, 谢贵水, 杨川, 等. 橡胶林生态系统干季微气候特征和通量的初步观察[J]. 热带作物学报, 2010, 31(12): 2081-2090.
- [3] 金华斌, 田维敏, 史敏晶. 我国天然橡胶产业发展概况及现状分析[J]. 热带农业科学, 2017, 37(5): 98-104.  
JIN H B, TIAN W M, SHI M J. Current situation and industrial development of natural rubber in China[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2017, 37(5): 98-104. (in Chinese)
- [4] 祁栋灵, 王秀全, 张志扬, 等. 中国天然橡胶产业现状及其发展建议[J]. 热带农业科学, 2013, 33(2): 79-87.  
QI D L, WANG X Q, ZHANG Z Y, et al. Current situation of

- Chinese natural rubber industry and development suggestions [J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2013, 33(2): 79-87. (in Chinese)
- [5] 黄先寒, 兰国玉, 杨川, 等. 云南橡胶林林下植物群落物种多样性[J]. 生态学杂志, 2017, 36(8): 2138-2148.  
HUANG X H, LAN G Y, YANG C, *et al.* Understory plant species diversity of rubber plantations in Yunnan Province[J]. Chinese Journal of Ecology, 2017, 36(8): 2138-2148. (in Chinese)
- [6] 黄先寒, 兰国玉, 杨川, 等. 广东省橡胶林林下物种组成及灌草物种多样性[J]. 南方农业学报, 2016, 47(11): 1914-1920.  
HUANG X H, LAN G Y, YANG C, *et al.* Understory species composition and shrub-grass species diversity of rubber (*Hevea Brasiliensis*) plantations in Guangdong Province[J]. Journal of Southern Agriculture, 2016, 47(11): 1914-1920. (in Chinese)
- [7] 张焱能, 谭昕. 新常态下海南民营橡胶产业发展现状及对策[J]. 农业学报, 2016, 9(6): 82-85.  
ZHANG Y N, TAN X. Development status and countermeasures of private rubber industry in Hainan Province under the new normal[J]. Journal of Agriculture, 2016, 9(6): 82-85. (in Chinese)
- [8] 刘锐金, 莫业勇. 橡胶产业现状与展望——2012年中国橡胶年会综述[J]. 热带农业科学, 2012, 32(6): 76-84.  
LIU R J, MO Y Y. Status and prospects of the rubber industry: review of China rubber annual conference 2012[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2012, 32(6): 76-84. (in Chinese)
- [9] 刘少军, 周广胜, 房世波. 中国橡胶树种植气候适宜性区划[J]. 中国农业科学, 2015, 12(48): 2335-2345.  
LIU S J, ZHOU G S, FANG S B. Climatic suitability regionalization of rubber plantation in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 12(48): 2335-2345. (in Chinese)
- [10] 中国科学院植物研究所. 中国植物志[DB/OL]. <http://frps.eflora.cn>, 2004.
- [11] 中国科学院昆明植物研究所. 云南植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [12] 陈封环. 广东植物志[M]. 广州: 广东科学技术出版社, 1994.
- [13] 陈焕镛. 海南植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1964.
- [14] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [15] 马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 II:  $\beta$ 多样性的测度方法[J]. 生物多样性, 1995, 3(1): 38-43.
- [16] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277.
- [17] 吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 等. 世界种子植物科的分布区类型系统[J]. 云南植物研究, 2003, 25(3): 245-257.  
WU Z Y, ZHOU Z K, LI D Z, *et al.* The areal-types of the world families of seed plants[J]. Acta Botanica Yunnanica, 2003, 25(3): 245-257. (in Chinese)
- [18] 吴征镒. 《世界种子植物科的分布区类型系统》的修订[J]. 云南植物研究, 2003, 25(5): 535-538.
- [19] 兰国玉, 王纪坤, 吴志祥, 等. 海南儋州橡胶林物种组成及群落特征研究[J]. 西南林业大学学报, 2014, 34(5): 8-13.  
LAN G Y, WANG J K, WU Z X, *et al.* Species composition and community characteristics of rubber forest in Danzhou, Hainan Island[J]. Journal of Southwest Forestry University, 2014, 34(5): 8-13. (in Chinese)
- [20] 黄先寒, 兰国玉, 杨川, 等. 云南橡胶林群落种子植物区系研究[J]. 云南农业大学学报: 自然科学版, 2017, 32(6): 1092-1099.  
HUANG X H, LAN G Y, YANG C, *et al.* Studies on the flora of the seed plants of rubber plantations in Yunnan Province [J]. Journal of Yunnan Agricultural University: Natural Science, 2017, 32(6): 1092-1099. (in Chinese)
- [21] HU Y H, SHENG D Y, XIANG Y Z, *et al.* The environment, not space, dominantly structures the landscape patterns of the richness and composition of the tropical understory vegetation [J]. Plos One, 2013, 8(11): e81308.
- [22] 向仰州, 徐大平, 杨曾奖, 等. 海南省两种人工林林下物种多样性与土壤水分物理性质的关系[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 37-41.  
XIANG Y Z, XU D P, YANG Z J, *et al.* Relationship between plant species diversity and soil hydro-physical properties in two plantations in Hainan Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2012, 19(1): 37-41. (in Chinese)
- [23] 黄先寒, 兰国玉, 杨川, 等. 海南不同栽培模式下橡胶林灌草物种多样性研究[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(5): 115-120.  
HUANG X H, LAN G Y, YANG C, *et al.* Shrub-grass species diversity of rubber plantations under different cultivation patterns in Hainan[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(5): 115-120. (in Chinese)
- [24] TATA H L, VAN N M, RASNOVI S, *et al.* Forests as provider of tree diversity in rubber agroforest in lowland sumatra [J]. XIII World Forestry Congress, Buenos Aires, Argentina, 2009: 18-23.
- [25] 邢慧, 蒋菊生, 麦全法, 等. 海南橡胶区不同群落结构林下生物多样性分析[J]. 热带农业科学, 2012, 32(3): 49-53.  
XING H, JIANG J S, MAI Q F, *et al.* Biodiversity of different forest community and structure in rubber planting areas in Hainan[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2012, 32(3): 49-53. (in Chinese)
- [26] 周会平, 岩香甩, 张海东, 等. 西双版纳橡胶林下植被多样性调查研究[J]. 热带作物学报, 2012, 33(8): 1444-1449.  
ZHOU H P, YAN X S, ZHANG H D, *et al.* Species diversity of understory vegetation in rubber plantations in Xishuangbanna[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2012, 33(8): 1444-1449. (in Chinese)
- [27] LIU H M, JIANG J S, DONG S L. Study on biodiversity of the tropical rubber plantation in Hainan[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2006, 30(6): 55-60.
- [28] 兰国玉, 吴志祥, 谢贵水. 海南橡胶林植物多样性特征[J]. 生物多样性, 2014, 22(5): 658-666.  
LAN G Y, WU Z X, XIE G S. Characteristics of plant species diversity of rubber plantation in Hainan Island[J]. Biodiversity Science, 2014, 22(5): 658-666. (in Chinese)